

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-212512

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G11B 5/31

H01F 10/08

識別記号

庁内整理番号

F I

C 9058-5D

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平7-16666

(22)出願日 平成7年(1995)2月3日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 佐野 雅章

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 北 芳明

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 鳴海 俊一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

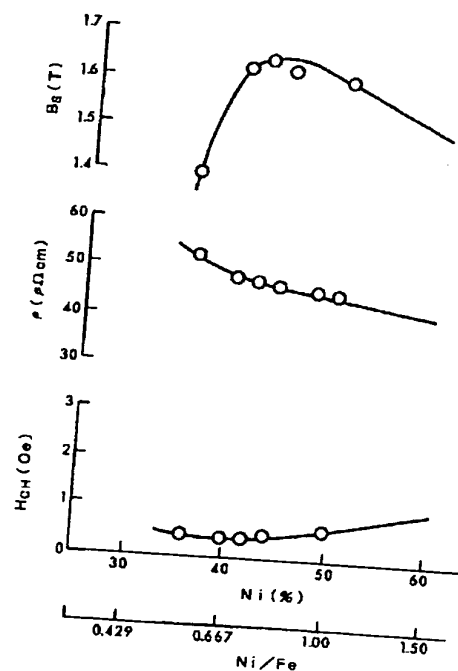
(54)【発明の名称】 磁気記憶装置及びそれに用いる薄膜磁気ヘッドとその製造方法

(57)【要約】

【目的】本発明の目的は、記録密度の増大に伴うアクセス時間の増大、転送速度の低減を回避し、メディア転送速度15MB/s以上を確保するための磁気記憶装置に適合した高飽和磁束密度、高比抵抗を有する薄膜材料を用いた記録用薄膜磁気ヘッドとその製造方法及びそれを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【構成】40~60Ni-Fe及び更にこれにCo, Mo, Cr, B, In, Pd等を添加し、高飽和磁束密度を1.5T以上、比抵抗を40 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上を有する磁性膜をフレームめっき法により製造することにより、高周波領域でも十分記録可能な記録ヘッドとなり、メディア転送速度15MB/s以上、記録周波数45MHz以上、磁気ディスクを4000rpm以上で回転させる高記録密度磁気記憶装置が得られる。

図 16



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が  $500 \text{ \AA}$  以下、室温の比抵抗が  $40 \mu\Omega\text{cm}$  以上及び困難軸方向の保磁力が  $1.0 \text{ Oe}$  以下である金属磁性材よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 2】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量で  $\text{Ni } 38 \sim 60 \text{ 重量\%}$  及び  $\text{Fe } 40 \sim 62 \text{ 重量\%}$  を有する  $\text{Ni-Fe}$  系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 3】メディア転送速度が 1 秒間当たり 15 メガバイト以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり 500 メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径 3.5 インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に 4000 rpm 以上で回転し、記録周波数が  $45 \text{ MHz}$  以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは、重量で  $\text{Ni } 38 \sim 60 \text{ 重量\%}$  及び  $\text{Fe } 40 \sim 62 \text{ 重量\%}$  を有する  $\text{Ni-Fe}$  系合金からなり、その膜厚が  $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 、平均結晶粒径が  $500 \text{ \AA}$  以下、比抵抗が  $40 \sim 60 \mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が  $1.0 \text{ Oe}$  以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が  $0.5 \text{ アンペア・ターン}$  以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 4】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に 4000 rpm 以上で回転し、記録周波数が  $45 \text{ MHz}$  以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは重量で  $\text{Ni } 38 \sim 60 \text{ 重量\%}$  及び  $\text{Fe } 40 \sim 62 \text{ 重量\%}$  を有する  $\text{Ni-Fe}$  系合金からなり、その膜厚が  $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 、平均結晶粒径が  $500 \text{ \AA}$  以下、比抵抗が  $40 \sim 60 \mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が  $1.0 \text{ Oe}$  以下及び該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が  $0.5 \text{ アンペア・ターン}$  以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 5】メディア転送速度が 1 秒間当たり 15 メガ

バイト以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり 500 メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径 3.5 インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に 4000 rpm 以上で回転し、記録周波数が  $45 \text{ MHz}$  以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアが  $\text{Ni-Fe}$  系合金薄膜からなり、該薄膜はその結晶粒径が  $500 \text{ \AA}$  以下、比抵抗が  $40 \sim 60 \mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が  $1.0 \text{ Oe}$  以下及び記録起磁力が  $0.5 \text{ アンペア・ターン}$  以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 6】メディア転送速度が 1 秒間当たり 15 メガバイト以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり 500 メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径 3.5 インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に 4000 rpm 以上で回転し、記録周波数が  $45 \text{ MHz}$  以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアが、重量で  $\text{Ni } 38 \sim 60 \text{ 重量\%}$ 、 $\text{Fe } 40 \sim 62 \text{ 重量\%}$  を有する  $\text{Ni-Fe}$  系合金で、膜厚が  $1 \sim 5 \mu\text{m}$  の電気めっき薄膜からなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 7】前記磁気コアは重量で  $\text{Co } 15 \text{ 重量\%}$  以下及び  $\text{Mo}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{B}$  及び  $\text{In}$  の 1 種以上を総量で 3 重量%以下の少なくとも一方を含む請求項 2、3、4 及び 6 のいずれかに記載の磁気記憶装置。

【請求項 8】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量で  $\text{Ni } 38 \sim 60 \text{ 重量\%}$  及び  $\text{Fe } 40 \sim 62 \text{ 重量\%}$  を有する  $\text{Ni-Fe}$  系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 9】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が  $500 \text{ \AA}$  以下、室温の比抵抗が  $40 \mu\Omega\text{cm}$  以上及び困難軸方向の保磁力が  $1.0 \text{ Oe}$  以下である金属磁性材よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 10】メディア転送速度が 1 秒間当たり 15 メガバイト以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり 500 メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径

3.5インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000rpm以上で回転し、記録周波数が45MHz以上であり、前記記録再生とを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドを有し、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは、重量でNi38~60重量%及びFe40~62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1~5 $\mu$ m、平均結晶粒径が500Å以下、比抵抗が40~60 $\mu\Omega$ cm、困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項11】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、めっき法で形成され、重量でNi38~60重量%及びFe40~62重量%を含有するNi-Fe系合金からなり、膜厚が1~5 $\mu$ m、平均結晶粒径が500Å以下及び困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、めっき法で形成され、重量でNi38~60重量%及びFe40~62重量%を含有するNi-Fe系合金からなり、膜厚が1~5 $\mu$ mであることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、平均結晶粒径が500Å以下、室温の比抵抗が40 $\mu\Omega$ cm以上、困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下及び記録時の起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項14】情報の書き込みと読み出しとを別々に設けられた素子によって行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッ

ドにおいて、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量でNi38~60重量%及びFe40~62重量%を有するNi-Fe系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項15】情報の書き込みと読み出しとを別々に設けられた素子によって行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドにおいて、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が500Å以下、室温の比抵抗が40 $\mu\Omega$ cm以上及び困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下である金属磁性材よりなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項16】磁気ディスクが記録・再生時に4000rpm以上で回転し、記録周波数が45MHz以上であり、情報の書き込みと読み出しとを別々の素子によって行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドにおいて、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは、重量でNi38~60重量%及びFe40~62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1~5 $\mu$ m、平均結晶粒径が500Å以下、比抵抗が40~60 $\mu\Omega$ cm、困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項17】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドの製造方法において、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方を、めっき浴が金属イオン濃度が15~20g/lのNi<sup>++</sup>イオン及び2.0~2.7g/lのFe<sup>++</sup>イオンを含み、かつ、Ni<sup>++</sup>イオンとFe<sup>++</sup>イオンの比(Ni<sup>++</sup>/Fe<sup>++</sup>)が7~8と、応力緩和剤及び界面活性剤とを含み、pHが2.5~3.5であるNi-Fe合金の電気めっき浴を用い電気めっきによって形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】請求項17において、Coイオンを0.4~0.6g/l、Cr、Mo、Pd、In、Bの各イオンを0.1g/l以下を添加したことを特徴とするめっき浴から成膜される請求項1記載の磁気コアを搭載した薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】請求項17又は18において、めっき浴の浴温度を20~35℃に保持して5~30mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で磁界中フレームめっきにより作製したことを特徴とする記録用薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】磁界中フレームによって電気めっきにより作製する請求項17~19のいずれかに記載の薄膜磁

気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ヘッド用磁気コアに関し、特に高記録密度用記録・再生分離型磁気ヘッドの記録用ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置の高記録密度化に伴って、記録媒体の高保磁力化が進み、該高保磁力媒体に十分記録し得る能力を有する薄膜磁気ヘッドが要求されている。そのためには、磁気ヘッドのコア材料には飽和磁束密度 ( $B_s$ ) の高い材料を用いることが必要である。これらの材料として、従来、膜厚が $3\mu\text{m}$ 程度の  $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金膜が用いられてきた。しかし、この  $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金膜は比抵抗が $16\sim 20\mu\Omega\text{cm}$ と低いため、うず電流損失が大きく、このために高周波領域における記録磁界強度が低下し、記録周波数は高々 $30\text{MHz}$ 程度が限度である。また、これに替わる材料として  $\text{Co}$  系非晶質材料、 $\text{Fe}-\text{Al}-\text{Si}$  系センダト合金薄膜等が提案されているが前者は非晶質であるがゆえに熱的に不安定であること、また、後者は $500^\circ\text{C}$ 程度の高い温度での熱処理が必要であることなどから磁気ディスク用の磁気コア材としては製造プロセス的に難点があり、実用化に至っていない。また、最近では、薄膜磁気ヘッド用磁気コア材料として  $\text{Co}-\text{Ni}-\text{Fe}$  3元系材料が提案されている（特開昭60-82638号、特開昭61-76642号、特開昭64-8605号、特開平2-68906号、特開平2-290995号）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】これらの3元系材料は飽和磁束密度 ( $B_s$ ) は $1.5\text{T}$ 以上と高いが、 $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金膜同様比抵抗及び結晶粒径について全く考慮されておらず、更に  $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金膜同様高周波特性に難点があった。

【0004】一方、磁気ディスク装置の記憶容量は年々確実に増大しており、現在製品化されている $3.5$ インチ装置の面記録密度、最大で $350\text{Mb/in}^2$ まで高められている。この場合のデータ記録周波数は $27\text{MHz}$ 程度であり、従来の  $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金膜あるいは  $\text{Co}-\text{Ni}-\text{Fe}$  合金膜では磁気ヘッドの性能限界に近づきつつある。

【0005】また、高周波用として $40\sim 55\text{Ni}-\text{Fe}$  に  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$  等を添加したスパッタリング法で形成する磁性膜として特開平3-68744号が提案されているが、結晶磁気異方性が大きい材料ゆえ磁気特性的にスパッタリング法による厚膜形成が困難である。

【0006】本発明の目的は、高周波領域での高記録密度用即ち、高速アクセス、高速転送対応の磁気ヘッドと、及びこれを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述した問題に鑑み成されたもので、高速転送、高記録密度を達成させるための磁気ディスク装置、即ち、磁気ディスク装置が記録・再生時に磁気ディスクが $4000\text{rpm}$ 以上で回転し、記録周波数が $45\text{MHz}$ 以上に設定されている磁気記憶装置に搭載し、その性能を発揮させるための薄膜磁気ヘッドとしては飽和磁束密度 ( $B_s$ ) が大きく、困難軸方向の保磁力が小さく、かつ、比抵抗が大きい材料が要求される。従って、比抵抗も高く、飽和磁束密度も高い組成領域は  $\text{Ni} : 38\sim 60$  重量%の範囲である。しかしながら、この組成領域は結晶磁気異方性が最も大きい範囲であるために通常薄膜磁気ヘッド等に適用される $2\mu\text{m}$ 以上の厚膜の磁性膜をスパッタリング法等で作製する場合、膜の結晶粒が大きくなってしまい、保磁力が大きく、一軸異方性が付与されにくい。

【0008】そこで、結晶粒を小さく抑えられるめっき法を取上げ、 $38\sim 60$  重量%  $\text{Ni}-\text{Fe}$  2元系合金をベースに  $\text{Co}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{In}$  等の第3元素の添加を検討し、必要な記録磁界を得る膜厚 $2\sim 5\mu\text{m}$ を確保した上で飽和磁束密度 ( $B_s$ ):  $1.5\text{T}$ 以上、保磁力 ( $H_{\text{cm}}$ ):  $1.0\text{Oe}$ 以下で、かつ比抵抗 $40\mu\Omega\text{cm}$ 以上を有する優れた薄膜の組成範囲と製造方法を見出したものである。これらの材料を薄膜磁気ヘッドに用いることにより、面記録密度:  $500\text{Mb/in}^2$ 以上、記録周波数:  $45\text{MHz}$ 以上、転送速度 $15\text{MB/s}$ 以上の高性能磁気記憶装置を提供出来る。

【0009】本発明は、情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う特にこれらを別個に行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が $500\text{\AA}$ 以下、室温の比抵抗が $40\mu\Omega\text{cm}$ 以上及び困難軸方向の保磁力が $1.0\text{Oe}$ 以下である金属磁性材よりなることを特徴とする磁気記憶装置にある。

【0010】更に、本発明は前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量で  $\text{Ni} 38\sim 60$  重量%及び  $\text{Fe} 40\sim 62$  重量%を有する  $\text{Ni}-\text{Fe}$  系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする。

【0011】更に、本発明はメディア転送速度が1秒間当たり $15$ メガバイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり $500$ メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径 $3.5$ インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に $4000\text{rpm}$ 以上で回転し、記録周波数が $45\text{MHz}$ 以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッド

の少なくとも上部磁気コアは、重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1～5  $\mu\text{m}$ 、平均結晶粒径が500 Å以下、比抵抗が40～60  $\mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5 アンペア・ターン以上であることを特徴とする。

【0012】本発明に係る前記磁気コアは重量でCo 15重量%以下及びMo, Cr, Pd, B及びInの1種以上を総量で3重量%以下の少なくとも一方を含むことができるものである。

【0013】更に、本発明は、情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置においても前述の記録部の薄膜磁気ヘッドの磁性膜に前述と同様の特性、組成のものをを用いることを特徴とする。

【0014】更に、本発明は、メディア転送速度が1秒間当たり15メガバイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり500メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径3.5インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000 rpm以上で回転し、記録周波数が45 MHz以上であり、前記記録再生とを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドを有し、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアに同様の特性、組成のものをを用いることを特徴とする。

【0015】本発明は、下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、めっき法で形成され、重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を含有するNi-Fe系合金からなり、膜厚が1～5  $\mu\text{m}$ 、平均結晶粒径が500 Å以下及び困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下であることを特徴とする薄膜磁気ヘッドにある。

【0016】本発明は、下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドの製造方法において、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方を、め

き浴が金属イオン濃度が15～20 g/lのNi++イオン及び2.0～2.7 g/lのFe++イオンを含み、かつ、Ni++イオンとFe++イオンの比(Ni++/Fe++)が7～8と、応力緩和剤及び界面活性剤とを含み、pHが2.5～3.5であるNi-Fe合金の電気めっき浴を用い電気めっきによって形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法にある。特に、浴温度は20～35℃に保持して5～30 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で磁界中フレームめっきにより作製するのが好ましい。

【0017】更に、本発明はCoイオンを0.4～0.6 g/l、Cr, Mo, Pd, In, Bの各イオンを0.1 g/l以下を添加したことを特徴とする。更に、本発明は磁界中フレームによって電気めっきによって作製するのが好ましい。

【0018】本発明は、記録ヘッドの磁極磁性膜のうず電流損失を考慮して膜厚、比抵抗、比透磁率を設計し、記録周波数に伴う書きにじみ量、あるいはオーバーライト値の変動を防止すること、ならびにデータの記録周波数を高く設定し、かつ、上記ヘッドに適した磁気ディスクを高速で回転させることにより解決される。

【0019】(1)メディア転送速度が1秒間当たり15メガバイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり500メガビット以上となる手段を有することが好ましい。

【0020】(2)情報の記憶を直径3.5インチ以下の円盤状の磁気ディスクに行うときは、記録再生時にこの磁気ディスクが4000 rpm以上で回転し、記録周波数が45 MHz以上に設定されることが好ましい。

【0021】(3)保磁力2 kOe以上の金属磁性膜を用いた磁気ディスクを有することが好ましい。

【0022】(4)記録電流の立ち上がり時間が5ナノ秒(ns)以下に設定されることが好ましい。

【0023】(5)磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは、薄膜プロセスを利用して形成されており、端子数は3で、各端子間のインダクタンスは1マイクロヘンリー( $\mu\text{H}$ )以下であることが好ましい。

【0024】(6)磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは2層構造であり、1層目コイルと2層目コイルの巻線数は等しく、かつ巻線方向は互いに逆向きであることが好ましい。

【0025】(7)磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは1層構造であり、コイル始点(a)から終点(b)間の巻線数の半分に相当する位置(c)に別の端子が接続されており、(c)-(a)間、および(c)-(b)間に流れる電流は互いに逆位相であることが好ましい。

【0026】(8)データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録磁極を構成する磁性膜の膜厚をd( $\mu\text{m}$ )、比抵抗を $\rho$ ( $\mu\Omega\text{cm}$ )、低周波領域にお

る比透磁率を $\mu$ としたとき、それぞれのパラメータが $\mu d^2/\rho \leq 500$ なる関係を満足する手段を有することが好ましい。

【0027】(9) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録磁極の少なくとも一部は、磁性層と絶縁層とが交互に積層された多層構造となっており、その膜厚は $2.7 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0028】(10) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録用磁性材の少なくとも上部磁性材に前述のFe-Ni系合金、下部にはCo系非晶質合金、あるいはFe系非晶質合金が用いることが好ましい。

【0029】(11) 磁気ヘッドの記録磁極材料内にはZr, Y, Ti, Hf, Al、あるいはSiの内の少なくとも一種を含むことが好ましい。

【0030】(12) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録起磁力、すなわち記録電流とコイル巻線数との積が $0.5$ アンペア・ターン(AT)以上に設定されていることが好ましい。

【0031】(13) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録磁極の少なくとも一部の比抵抗は $40 \mu\Omega\text{cm}$ 以上、比透磁率は $500$ 以上であることが好ましい。

【0032】(14) 磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは1層構造であり、コイル始点(a)から終点(b)間の巻線数の半分に相当する位置(c)に別の端子が接続されており、(c)-(a)間、および(c)-(b)間に流れる電流は互いに逆位相であること、再生ヘッドとしてスピナルブ型素子、巨大磁気抵抗効果型素子を用いた記録再生分離型ヘッドを用いることが好ましい。

#### 【0033】

【作用】記録周波数 $45 \text{MHz}$ 以上の高周波領域では磁気ヘッドのヘッド効率(磁束を誘導する効率)はうず電流損が支配的になる。従って、うず電流損を軽減するためには磁気コアの膜厚を薄くするのが最も効果的であるが、膜厚を薄くすると記録磁界が不足し記録不可能となる。保磁力: $2000 \text{Oe}$ 以上、特に $2300 \text{Oe}$ 以上の高保磁力媒体に十分記録するためには飽和磁束密度が高いことは勿論のこと膜厚は $2 \mu\text{m}$ 以上が必要となる。通常、多層膜化するのはこのうず電流損を低減させるためであるが、高記録密度対応のヘッドプロセスでは寸法精度的に困難である。そのため磁気コアの比抵抗を大きくしてうず電流損を低減させ、磁気コアの透磁率( $\mu$ )の周波数特性を高周波側まで伸ばすことが必要である。

【0034】Ni-Fe 2元系磁性膜(膜厚: $3 \mu\text{m}$ )ではNi 38~60重量%の範囲で飽和磁束密度

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \mu'' / \mu' \\ &= R / \omega L \\ &= \mu_0 \mu \pi d^2 f / C \rho \end{aligned}$$

(Bs)が $1.5 \text{T}$ 以上を示すと共に、比抵抗( $\rho$ )が $40 \sim 50 \mu\Omega\text{cm}$ を示す。即ち、Niが38重量%より少なくなると比抵抗( $\rho$ )は高いが、飽和磁束密度(Bs)が $1.5 \text{T}$ を下まわる。また、Niが60重量%を越えるとやはり飽和磁束密度(Bs)が $1.5 \text{T}$ を下まわるので好ましくない。特に、 $40 \sim 50$ 重量%が好ましい。このような組成の膜を作製する場合はめっき法が良い。即ち、電気めっき法により結晶粒径を非常に微細にするために結晶磁気異方性の大きい本組成でも保磁力を小さくできることと、結晶の配向性を極力なくすることができるためである。例えば、結晶の配向比を $(111)/(200) < 5.0$ 以下にすることが望ましい。そのような膜を作製するためのめっき浴組成のNi及びFeイオン濃度はNi $^{++}$ : $15 \sim 20 \text{g/l}$ , Fe $^{++}$ : $2.0 \sim 2.7 \text{g/l}$ で、イオン比(Ni $^{++}$ /Fe $^{++}$ )は7~8であった。また、この時のめっき電流密度は $10 \sim 20 \text{mA/cm}^2$ , pHは3.0、浴温度は $30^\circ\text{C}$ である。

【0035】一方、Co, Mo, Cr, B, In及びPdの少なくとも1種の元素を添加する場合、Coは15重量%以下、Moは3重量%以下が飽和磁束密度

(Bs)を $1.5 \text{T}$ 以上に保ち、比抵抗( $\rho$ )を $40 \mu\Omega\text{cm}$ 以上を確保する上で望ましい。浴組成でCoの場合 $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を $100 \text{g/l}$ (Coイオンで $21 \text{g/l}$ )まで、Moの場合 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を $4.8 \text{g/l}$ (Moイオンで $1.9 \text{g/l}$ )までの添加が望ましい。例えば、Moの替わりにCr [ $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ]を添加した場合もほぼ同様の結果を示した。B, In等は比抵抗( $\rho$ )の増大は10%程度でそれ程大きな効果はなかった。一方、Coの添加は膜の比抵抗( $\rho$ )は若干低下するが飽和磁束密度(Bs)は約10%増大するので、Moとの共用が望ましい。また、Coは膜の異方性磁界(Hk)を増加させるので磁気特性の安定化には好ましい。

【0036】尚、Coは15重量%以上になると膜の飽和磁束密度(Bs)は増大するが比抵抗( $\rho$ )が小さくなり過ぎて、Mo, Crの添加量を多くしないと膜の比抵抗( $\rho$ )を所望の値まで大きくできない。そのため膜の保磁力が大きくなり好ましくない。また、Mo, Cr等はやはり膜の保磁力を大きくしないで比抵抗( $\rho$ )を所望の値まで大きくするためには3重量%以下とする。

【0037】また、B, In, Pd等の添加量も同様である。これらの場合のめっき条件は上述のNi-Fe 2元系の場合とまったく同様でよい。

【0038】磁性膜の高周波損失( $\tan \delta$ )が、うず電流損失のみによるものと仮定すると

と表せる。ここで、 $\mu'$  および  $\mu''$  はそれぞれ複素透磁率の実数部分と虚数部分である。また、 $C$  は膜形状により決まる定数、 $\mu_0$  は真空の透磁率である。上式 (1) より、磁性膜固有の比透磁率  $\mu$ 、膜厚  $d$ 、比抵抗  $\rho$  がわかれば、周波数  $f$  に対するうず電流損失  $\tan \delta$  を見積もることができる。なお、周波数に対するヘッド効率 (磁

$$\eta = \cos [\arctan (\mu_0 \mu \pi d^2 f / C \rho)]$$

(2) 式より、磁性膜固有の比透磁率  $\mu$ 、膜厚  $d$ 、および比抵抗  $\rho$  により求まる値である  $\mu d^2 / \rho$  の値を規定することで、任意の周波数  $f$  におけるヘッド効率  $\eta$  を外挿することができる。

【0040】上記ヘッドと高周波記録時の書きにじみ、オーバーライト変動の小さな保磁力  $2 \text{ kOe}$  以上の金属磁性膜を用いた磁気ディスクと組み合わせることにより、面記録密度が  $500 \text{ Mb/in}^2$  以上、記録周波数  $45 \text{ MHz}$  以上、メディア転送速度  $15 \text{ MB/s}$  以上の高性能磁気ディスク装置が得られる。

【0041】1/O インターフェースにデータ・バスが 2 バイト幅の Fast and Wide SCSI (Small Computer System Interface) を用いた場合、入出力装置の価格と入出力装置を構成する磁気ディスク装置 1 台当たりの転送速度との関係から、データ・バスが 2 バイト幅の Fast and Wide SCSI インターフェースを用いると最大  $20 \text{ MB/s}$  までのデータ転送が可能となる。この場合、磁気ディスク装置 1 台当たりの転送速度は  $15 \text{ MB/s}$  以上であれば、入出力装置の価格低減が可能となることがわかる。

【0042】また磁気ディスク装置 1 台当たりの容量は  $550 \text{ MB}$  あれば Windows, Workplace 等の OS (Operation Software) を取り扱うことが可能となる。この容量は  $3.5$  インチの磁気ディスク 1 枚で実現するには、データの記録可能な面記録密度は  $500 \text{ Mb/in}^2$  以上である必要がある。

【0043】

【実施例】

(実施例 1) 図 1、図 2 に本発明の一例である磁気ディスク装置の全体図、及び平面図を示す。本磁気ディスク装置の構成は、情報を記録するための磁気ディスク 1、これを回転する手段の DC モータ (図面省略)、情報を書き込み、読み取りするための磁気ヘッド 2、これを支持して磁気ディスクに対して位置を変える手段の位置決め装置、即ち、アクチュエータ 4 とボイスコイルモータ 5、及び装置内部を清浄に保つためのエアフィルタ 6 などからなる。アクチュエータは、キャリッジ 7 とレール 8、軸受 9 から成り、ボイスコイルモータはボイスコイル 10、マグネット 11 からなる。これらの図では、同一の回転軸に 8 枚の磁気ディスクを取付け、合計の記憶容量を大きくした例を示している。

【0044】図 3 は本発明に係る磁気記録再生装置の正面図、図 4 は同じくその平面図である。図において、1

束を誘導する効率) の変化は、複素透磁率の実数部分の変化に比例すると考えられるので、(1) 式から  $\delta$  を算出し、この  $\cos$  成分をとることにより、ヘッド効率の周波数依存性を求めることができる。すなわち、各周波数におけるヘッド効率  $\eta$  は次式で表わせる。

【0039】

… (2)

は磁気ディスク、2 は磁気ヘッド、3 はジンバル系支持装置、4 は位置決め装置 (アクチュエータ) である。磁気ディスク 1 は回転駆動機構により、矢印 a の方向に回転駆動される。磁気ヘッド 2 は支持装置 3 によって支持され、位置決め装置 4 により、回転直径  $O_1$  上で、矢印  $b_1$  または  $b_2$  の方向に駆動されて位置決めされ、それによって所定のシリンダ  $T_1 \sim T_n$  において、磁気記録、再生が行われる。

【0045】磁気ディスク 1 は表面粗さ  $R_{\text{MAX}}$  が  $100 \text{ \AA}$  以下、望ましくは  $50 \text{ \AA}$  以下の表面性の良好な媒体とする。磁気ディスク 1 は、剛性基体の表面に真空成膜法によって磁気記録層を形成してある。磁気記録層は  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  または  $\text{Co-Ni}$ 、 $\text{Co-Cr}$  等の磁性薄膜として形成する。真空成膜法によって形成される磁気記録層の膜厚は  $0.5 \mu\text{m}$  以下であるので、剛性基体の表面性がそのまま記録層の表面性として反映される。従って、剛性基体は、表面粗さ  $R_{\text{MAX}}$  が  $100 \text{ \AA}$  以下のものを使用する。そのような剛性基体としては、ガラス、化学強化されたソーダアルミノ珪酸ガラスまたはセラミックを主成分とする剛性基体が適している。磁気記録層は、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  等の磁性酸化鉄や磁性窒化物で構成することができる。また、磁性層が金属や合金などの場合には、表面に酸化物層、窒化物層を設けるか、表面を酸化皮膜とするのが望ましい。また、炭素保護膜の使用等も望ましい。こうすることにより、磁気記録層の耐久性が向上し、極く低浮上量で記録再生する場合や、コンタクト、スタート、ストップ時においても、磁気ディスク 1 の損傷を防止できる。酸化物層及び窒化物層は、反応性スパッタ、反応性蒸着等によって形成できる。また、酸化皮膜は、 $\text{Co-Ni}$  または  $\text{Co-Cr}$  等のように、鉄、コバルト、ニッケルのうち、少なくとも 1 種を含む金属または合金でなる磁気記録層の表面を、反応性プラズマ処理等により、意図的に酸化して形成できる。磁気ディスク 1 は、磁気記録層の記録残留磁化が膜面に対して垂直方向の成分を主成分とする垂直記録、膜面内成分を主成分とする面内記録のいずれであってもよい。図示は省略したが、磁気記録層の表面に潤滑剤を塗布してもよい。

【0046】図 5 及び図 6 は磁気ヘッド 2 とジンバル系支持装置 3 の組立構造を示す図である。磁気ヘッド 2 は、セラミック構造体でなるスライダ 25 の空気流出端部側に読み書き素子 22 を付着させ、位置決め装置 4 によって駆動される支持装置 3 により、浮上面 23 とは反

対側の面24に荷重を加えてピッチ運動及びロール運動を許容するように支持する。読み書き素子42はIC製造テクノロジーと同様のプロセスにしたがって形成された薄膜素子である。

【0047】支持装置3は位置決め装置4に取付けられる剛性アーム部51に、弾性金属薄膜でなる支持体37の一端を、結合具11、12によって取付け固定すると共に、支持体37の長手方向の一端にある自由端に、同じく金属薄板である可撓体36を取付け、この可撓体36の下面に、磁気ヘッド2を取付けた構造となっている（図3及び図4参照）。支持体37は剛性アーム部51

10 に取付けられる部分が弾性バネ部21となっていて、この弾性バネ部41に接続して剛性ビーム部42を形成してある。剛性ビーム部42は両側に折曲げ形成したフランジ42a、42bを有している。可撓体36は支持体37の長手方向軸線と略平行して伸びる2つの外側可撓性枠部31、32と、支持体37から離れた端において外側可撓性枠部31、32を連結する横枠33と、横枠33の略中央部から外側可撓性枠部31、32に略平行するように伸びていて先端を自由端とした中央舌状部34とを有して構成され、横枠33のある方向とは反対側の一端を、支持体37の自由端付近に溶接等の手段によって取付けてある。

【0048】可撓体36の中央舌状部34の上面には、例えば半球状等の荷重用突起35が設けられていて、この荷重用突起35により、支持体37の自由端から中央舌状部34へ荷重を伝えるようにしてある。中央舌状部34の下面には磁気ヘッド2の面24を接着等の手段によって固着してある。

【0049】本実施例においては、上述の表面粗さR<sub>MAX</sub>を有する磁気ディスク1を使用し、磁気ヘッド2の浮上開始浮上量を0.01μm～0.04μmの範囲に設定する。そして、磁気ディスク1に設けられる読み書きシリンドラT<sub>1</sub>～T<sub>6</sub>のうち、最内周シリンドラT<sub>6</sub>における磁気ヘッド2の浮上量gを、浮上開始浮上量0.01μm～0.04μmから、その数倍の値の間に設定して駆動する。磁気ヘッド2を構成するスライダ21の形状、支持装置3から磁気ヘッド2に加わる荷重、磁気ディスク1の回転数等は、上述のような浮上量が得られるように設定する。

【0050】図7は負圧スライダの斜視図である。

【0051】負荷スライダ70は、空気導入面71と浮揚力を発生する2つの正圧発生面72、72とに囲まれた負圧発生面73を有し、さらに空気導入面71並びに2つの正圧発生面72、72と負圧発生面73との境界において負圧発生面73より段差の大きい溝74とから構成される。なお、空気流出端75には磁気ディスクに情報の記録再生を行う薄膜磁気ヘッドエレメント76を有する。

【0052】負圧スライダ70の浮上時においては、空

気導入面71から導入された空気は負圧発生面73で膨張されるが、その際に溝74に向かう空気の流れも作られるため、溝74の内部にも空気導入面71から空気流出端75に向かう空気の流れが存在する。したがって、負圧スライダ70の浮上時に空気中に浮遊する塵芥が空気導入面71から導入されたとしても溝74の内部へ導入され、溝74内部の空気の流れによって押し流され、空気流出端78より負圧スライダ70の外へ排出されることになる。また負圧スライダ70の浮上時には溝4内部には常に空気の流れが存在し渦み等がないため、塵芥が凝集することもない。

【0053】図8は記録用ヘッドを形成した、記録再生分離型ヘッドの概念図である。記録再生分離型ヘッドは、本発明の素子を用いたインダクティブ型の記録ヘッド、再生ヘッドと、及び、漏れ磁界による再生ヘッドの混乱を防止するためのシールド部からなる。ここでは水平磁気記録用の記録ヘッドとの搭載を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用のヘッドと組み合わせ、垂直記録に用いても良い。ヘッドは、基体80上に下部シールド膜82、磁気抵抗効果膜86及び電極85、上部シールド膜81からなる再生ヘッドと、下部磁性膜84、コイル87、上部磁性膜83からなる記録ヘッドとを形成してなる。このヘッドによって、記録媒体上に信号を書き込み、また記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載した。

【0054】本実施例では、インダクティブ型の記録ヘッドの上部及び下部磁性膜を以下の製法によって形成した。

【0055】Ni++量：16.7g/l、Fe++量：2.4g/lを含み、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を含んだめっき浴において、pH：3.0、めっき電流密度：15mA/cm<sup>2</sup>の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は4.0μm、ギャップ長は0.4μmである。この磁性膜の組成は42.4Ni-Fe(重量%)であり、磁気特性は飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)が1.64T、困難軸保磁力(H<sub>CH</sub>)が0.50eで比抵抗(ρ)は48.1μΩcmであった。上部磁気コア83、上部シールド層を兼ねた下部磁気コア84、コイル87である。再生のための磁気抵抗効果型素子86、磁気抵抗効果型素子にセンス電流を流すための電極85、下部シールド層82、スライダ80の構成を有する。

【0056】このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能(オーバーライト特性)を図9に示す。40MHz以上の高周波領域でも-50dB程度の優れた記録性能が得られた。



【0057】図10は本実施例によって得られためっき法とスパッタリング法によって得られた磁性膜の困難軸保磁力と平均結晶粒径との関係を示すもので、結晶粒径を500Å以下にすると1.0Oe以下の低い保磁力が得られることが分る。

【0058】更に、下部磁性膜には上述と同様に電気めっきによってNi70～80重量%、残部FeからなるNi-Fe合金薄膜又はこの合金薄膜を合金ターゲットを用いスパッタリングによって形成することもできる。

【0059】図11は本発明のインダクティブ型の記録ヘッドの断面図及び図12はその平面図であるが、この薄膜ヘッドは上部シールド膜81と、その上に付着された前述の磁性膜からなる下部磁性膜83及び上部磁性膜84からなる。図11は図12のA-A断面図である。非磁性絶縁体89が層83、84の間に付着されている。絶縁体の一部が磁気ギャップ88を規定し、これは例えば周知技術によりエア・ベアリング関係に置かれた磁性媒体と変換関係で相互作用する。支持体80はエア・ベアリング表面(ABS)を有するスライダの形になっており、これはディスク・ファイル動作中に回転するディスクの媒体に近接し浮上関係にある。

【0060】薄膜磁気ヘッドは上部83、下部磁性膜84により出来るバック・ギャップ90を有する。バック・ギャップ90は介在するコイル87により磁気ギャップから隔てられている。

【0061】連続しているコイル87は例えばめっきにより下部磁性層84の上に作った層になっており、これらを電磁結合する。コイル87は絶縁体89で埋められてあるコイルの中央には電気接点91があり、同じくコイルの外端部終止点には電気接点92として更に大きな区域がある。接点は外部電線及び読み取り書き込み信号処理ヘッド回路(図示略)に接続されている。

【0062】本発明においては、単一の層で作られたコイル87が、やや歪んだ楕円形をしており、その断面積の小さい部分が磁気ギャップに最も近く配置され、磁気ギャップからの距離が大きくなるにつれ、断面積が徐々に大きくなる。

【0063】バック・ギャップ90は磁気ギャップのABSに相対的に近く位置している。しかし楕円形コイルはバック・ギャップ90と磁気ギャップ88との間で比較的密に多数本入っており、コイルの幅乃至断面直径はこの区域では小さい。更に、磁気ギャップから最も遠い部分での大きな断面直径は電気抵抗の減少をもたらす。更に、楕円(長円)形コイルは角や鋭い隅や端部を持たず、電流への抵抗が少ない。又、楕円形状は矩形や円形(環状)コイルに比べ導電体の全長が少なく済む。これらの利点の結果、コイルの全抵抗は比較的少なく、発熱は少なく、適度の放熱性が得られる。熱を相当量減らすので、薄膜層の層崩れ、伸長、膨張は防止され、ABSでのボール・チップ突出の原因が除かれる。

【0064】幅の変化がほぼ均一に進む楕円形コイル形状は、スパッタリングや蒸着等より安価な従来のめっき技術で付着できる。他の形状特に角のある形のコイルではめっき付着が不均一な幅の構造になり易い。角や鋭い端縁部の除去は出来上ったコイルにより少ない機械的ストレスしか与えない。

【0065】本実施例では多数巻回したコイルがほぼ楕円形状で磁気コア間に形成され、コイル断面径は磁気ギャップからバック・ギャップに向けて徐々に広がっており、信号出力は増加し、発熱が減少される。

【0066】図13は前述のインダクティブヘッドの下部に形成した本発明の磁気抵抗効果素子の基体面上の構成を表す概念図である。磁気抵抗効果膜110は基体150上に、記録媒体に対抗する面163に沿って素子の幅143の長い短冊に形成される。この形状の規定は磁気抵抗効果膜110に感知すべき磁界のかかる方向160に対して垂直な方向に適度の形状異方性を与える効果がある。磁気抵抗効果膜110には電氣的に接触してなる電極140によって電流を通じ、記録媒体191表面に平行な方向の幅141及び垂直な方向の幅142の大きさを有する磁界感知部分にかかる磁界によって生じる抵抗変化を出力として得る。

【0067】本概念図では磁気抵抗効果素子の端部が記録媒体との対抗面に露出した形状となっているが、記録媒体からの磁界を導くヨーク状軟磁性体を対抗面から配置して、内側に設置した磁気抵抗効果素子に磁氣的に結合させると素子の機械的耐久性が増す。特に、素子のMR高さを小さくすることでヨークの磁路抵抗を減少させ、感度を向上することが出来る。

【0068】本発明の磁気抵抗効果素子は例えば図14のような構成を有する。基体150上に、磁気抵抗効果膜110、すなわちバイアス膜132、磁性膜111、非磁性導電膜120、磁性膜112、非磁性導電膜層120、磁性膜層111、バイアス膜131を積層し、かつ電極140を電氣的に接合してなる。図12の素子構成は電極140がバイアス膜131の下に設置されているが、これは例えば上部バイアス膜に酸化ニッケルのような絶縁体を用いたときに有効な構造の一例となっている。

【0069】電極は他の構造、例えばバイアス膜を一部にだけ形成してその上から電極140を形成しても構わない。あるいは導電性バイアス膜、例えばFeMn、CoPt膜などを用いて直接これに密着して電極を形成する方法もある。

【0070】本素子は、バイアス膜に依って強い異方性を印加した磁性膜と、前記の異方性に比べて弱い異方性を一軸異方性、形状異方性、あるいはソフト膜バイアスなどで印加した磁性膜とを、電流は通じるが互いに磁氣的な結合を生じないように非磁性導電膜を介して交互に積層したことである。特にその異方性の印加方向を以下

に述べる。

【0071】図15は本発明の磁気抵抗効果素子の異方性制御の例を示す概念図で、図14においてA-A'で示した素子部分の斜視図である。バイアス膜131及び132は、図中矢印171及び172の方向に交換結合による異方性を印加する。図中矢印160は感知すべき磁界の方向、矢印161は磁性膜111に誘導した一方向異方性の方向を示す。非磁性導電膜120に挟まれた磁性膜112の容易磁化方向は図中矢印162の方向に一軸異方性の誘導によって印加する。これは磁性膜の成長中に所定の方向に磁界を印加することで達成される。本図の実施例は異方性の印加をバイアス膜と誘導磁気異方性で実現した例である。この結果矢印161と162は共に膜面内で、互いに直交する。感知すべき磁界の大きさに比較して、磁性膜111の異方性を大きく磁性膜112の異方性を小さくすることで、磁性膜111の磁化を外部磁界に対してほぼ固定し、磁性膜112の磁化のみが外部磁界に対して大きく反応するようになる。さらに矢印160の方向にかかる感知すべき磁界に対して、磁性膜111の磁化は異方性161によって磁化と外部磁界が平行な容易軸励磁の状態に、逆に磁性膜112の異方性に依って磁化と外部磁界が垂直な困難軸励磁の状態になっている。この効果によって上記の応答をさらに顕著なものにできるとともに、外部磁界に対して磁性膜112の磁化が、矢印162の方向を起点に、回転による困難軸励磁で素子が駆動される状態が実現し、磁壁移動による励磁に伴うノイズを防止し、高周波での動作を可能にすることができる。

【0072】本実施例の磁気抵抗効果素子の別の実施例として、異方性の印加を2種類の異なるバイアス膜、つまり反強磁性膜との硬磁性膜で実現した例である。基体150上に、反強磁性膜132、磁性膜111、非磁性膜120、磁性膜112、硬磁性膜133を積層して、電極を接続してなる。反強磁性膜132、硬磁性膜133を各々が非磁性膜で分離された2層の磁性膜111、112に密着しており、感知すべき磁界の方向160に対して平行および直行した方向172および173に磁界中熱処理あるいは磁化処理をして磁性膜111、112の磁化をそれぞれ矢印161、162の方向に誘導する。反強磁性膜は例えば酸化ニッケル、硬磁性膜はコバルト白金合金などが用いられる。硬磁性膜と反強磁性膜の位置が逆か、それぞれの磁化の誘導方向が逆であっても同等の効果がある。

【0073】本実施例の磁気抵抗効果素子を構成する膜は高周波マグネトロンスパッタリング装置により以下のように作製した。アルゴン3ミリトールの雰囲気中で、厚さ1mm、直径3インチのセラミックス基板およびSi単結晶基板上に以下の材料を順に積層して作製した。スパッタリングターゲットとして酸化ニッケル、コバルト、ニッケル-20at%鉄合金、銅のターゲットを用いた。ニッケル-鉄中へのコバルトの添加にはニッケル-20at%鉄合金ターゲット上にコバルトのチップを配置した。またコバルト中へのニッケル、鉄の添加にはコバルトターゲット上にニッケルおよび鉄のチップを配置した。積層膜は、各ターゲットを配置したカソードに各々高周波電力を印加して装置内にプラズマを発生させておき、各カソードごとに配置されたシャッターを一つずつ開閉して順次各層を形成した。膜形成時には基板面内で直交する二対の電磁石を用いて基板に平行におよそ50エルステッドの磁界を印加して、一軸異方性をもたせるとともに、酸化ニッケル膜の交換結合バイアスの方向をそれぞれの方向に誘導した。

【0074】異方性の誘導は、基板近傍に取付けた二対の電磁石によって、各磁性膜の形成時に誘導すべき方向に磁界を加えて行った。あるいは、多層膜形成後に反強磁性膜のネール温度近傍で磁界中熱処理を行い、反強磁性バイアスの方向を磁界の方向に誘導した。

【0075】磁気抵抗効果素子の性能の評価は膜を短冊形状にパターニングし、電極を形成して行った。この時、磁性膜の一軸異方性の方向と素子の電流方向が平行となるようにした。電気抵抗は電極端子間に一定の電流を通じ、素子の面内に電流方向に垂直な方向に磁界を印加して、素子の電気抵抗を電極端子間の電圧として測定し、磁気抵抗変化率として感知した。

【0076】表1では素子の特性を抵抗変化率と飽和磁界で表した。素子としての再生出力はこの抵抗変化率の大きさに、感度は飽和磁界の小ささに、それぞれ対応する。表1の結果から明らかなように特に磁気抵抗素子No. 1~5は4%以上の抵抗変化率と良好な磁気特性を有するものであり、No. 6, 7に比べ、抵抗変化率において優れている。特に、試料No. 1, 2, 4は飽和磁界10エルステッド程度の良好な磁界感度と抵抗変化率6から7%の高い出力を示している。

【0077】

【表1】

試料	膜の構成/厚さ(Å)	抵抗率(%)	飽和率(Oe)
No.1	NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO 300/60/21/40/21/60/300	6.5	12
2	NiO/Co/Cu/NiFe/Cu/Co/NiO 300/50/21/40/21/50/300	7.2	13
3	NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO 300/60/21/40/21/40/21/60/300	5.5	11
4	NiO/Co/Cu/Co/NiFe/Co/Cu/Co/NiO 300/60/21/15/40/15/21/60/300	7.5	16
5	NiO/NiFe/Cu/NiFe 300/60/21/40	4.5	15
6	NiFe/Cu/NiFe/NiO 60/21/40/300	3.0	14
7	NiFe/Cu/NiFe/FeMn 60/21/40/150	3.9	10

表  
2

【0078】本実施例における磁気記憶装置において、一対の電極85に挟まれた領域が再生トラック幅となるが、これは2 $\mu$ mとした。記録時には、ターン数が20のコイル87に15mAopの電流を流して任意の情報を媒体磁性層に記録し、一方再生時にはリード線に8mAの直流電流を印加して媒体磁性層からの漏洩磁界を検出した。

【0079】この磁気ヘッドを、記録ビット方向の保磁力が2100エルステッド、保磁力配向比が1.2のC

oCrTa(Crの添加量は16アトミック%)を記録層とする3.5インチの磁気ディスクと組み合わせて磁気記憶装置を構成した。なお、ここで使用した磁気ディスク記録層の残留磁束密度と膜厚との積 $B_r \cdot \delta$ は100 Gauss $\cdot\mu$ mである。本実施例により構成した磁気記憶装置の仕様を表2に示す。

【0080】

【表2】

表 2

録再分離型ヘッドを用いた3.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	5.5GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	7378
最大線記録密度	170kBPi
トラック密度	8.3kTPi
回転数	4491RPM
記録周波数	80.0MHz
転送速度(to/from Media)	18MB/sec

【0081】(実施例2)図6はめっき浴の金属イオン濃度即ち、Ni++量及びFe++量を種々変えてめっきした磁性膜の組成と磁気特性及び比抵抗( $\rho$ )の関係を示したものである。Ni++は $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ をFe++は $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を使用し、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を添加した。pH:3.0, 浴温度:30℃, めっき電流密度:15mA/cm<sup>2</sup>の条件でめっきした。膜厚は3.0 $\mu$ mである。

【0082】膜のNi含有量が38~60重量%の範囲で飽和磁束密度( $B_s$ )が1.5T以上、比抵抗( $\rho$ )が40 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上と従来良く知られている80Ni-Feパーマロイ膜に比較し飽和磁束密度( $B_s$ )で1.5以上、比抵抗( $\rho$ )で2倍以上と優れた特性を示すことがわかる。また、困難軸保磁力( $H_{cn}$ )は80Ni-Feパーマロイ膜とほぼ同様に1Oe以下と小さい。バルク材の値に比べ飽和磁束密度( $B_s$ )及び比抵抗( $\rho$ )の傾向はほぼ同じであるが、Ni含有量が多くなるにつれ

て低下する量が小さい。これはバルク材に比べ結晶粒径が40~80Åと著しく小さいためである。

【0083】このような特性はpHを2.5~3.5程度まで、また、めっき電流密度を5~30mA/cm<sup>2</sup>の範囲に変えても大きな変化はなかった。浴温度についても25~35℃の範囲に変えたが、温度が高くなるほどNi含有量が若干多くなる程度で、特性そのものに影響するものではなかった。

【0084】本実施例における磁性膜はインダクティブ型薄膜磁気ヘッドの上部磁気コア、下部にNi70~80重量%を含むFe-Ni系合金を用いた組み合わせに好適であるが、上下磁気コアの両者にも用いることができる。

【0085】特に、図16に示すようにNi40~50重量%で $B_s$ で1.6Tと最も高い値を示し、膜の(Ni/Fe)比が0.667~1.00のNiとFeとの組み合わせを有するものが好ましい。尚、Ni38~60

重量%における膜の(Ni/Fe)比は0.613~1.50である。

【0086】(実施例3)図17は(Ni44重量%-Fe)系合金にMoを含有させた磁性膜の磁気特性と比抵抗( $\rho$ )についての検討結果である。

【0087】即ち、Ni++量:16.7g/l、Fe++量:2.2g/lを含むめっき浴に比抵抗( $\rho$ )を増大せしめる元素としてMoを添加した場合の磁性膜の磁気特性と比抵抗( $\rho$ )を示したものである。MoはNa<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>・4H<sub>2</sub>Oを用い最大5g/l添加した。Moを添加することによって磁性膜の比抵抗( $\rho$ )は添加量に比例して増大することがわかる。例えば、Mo:2重量%添加で磁性膜の比抵抗( $\rho$ )はおおよそ60 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上と80Ni-Feパーマロイ膜の3倍以上の値を示す。その時、飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)はおおよそ1.50Tと5%程度の低下に止まり80Ni-Feパーマロイ膜の1.5倍以上の値を維持している。但し、添加量が3重量%以上(MoはNa<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>・4H<sub>2</sub>Oで5g/l以上)になると保磁力(H<sub>ch</sub>)が10e以上になると、飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)が1.5T以下となり好ましくない。

【0088】Moの替わりにCrについても検討したが効果はMoとほぼ同様であった。

【0089】本実施例における磁性膜も前述の実施例と同様に用いることができる。

【0090】(実施例4)図18は(Ni44重量%-Fe)-Co15重量%-Mo磁性膜の磁気特性を損なわずに飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)と比抵抗( $\rho$ )を更に増大させるためにCoとMoを同じに添加した場合の検討結果である。Coの添加にはCoSO<sub>4</sub>・7H<sub>2</sub>Oを用い、Moの添加は実施例3同様Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>・4H<sub>2</sub>Oを用いた。Coの添加量は13重量%(CoSO<sub>4</sub>・7H<sub>2</sub>Oで100g/l)一定とした場合の例で、これに対してMoは4重量%まで添加した。その結果、Coを13重量%添加することで磁性膜の飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)は1.78Tとおおよそ10%増大するが、比抵抗( $\rho$ )は35 $\mu\Omega\text{cm}$ とおおよそ30%も低減してしまう。従って、Moを添加することによって比抵抗( $\rho$ )は回復し、2.5重量%添加で比抵抗( $\rho$ )はおおよそ55 $\mu\Omega\text{cm}$ となり、逆に約20%の増大を示す。その時、飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)は1.55TとCoなしの膜に比べ高い値を示す。また、Coの添加は膜の異方性磁界を増大させるので磁気特性的にも安定な方向にある。

【0091】本実施例における磁性膜も前述と同様に適用できる。

【0092】(実施例5)図19は実施例2~4に示した製造方法によって作製した代表的な磁性膜の透磁率( $\mu$ )の周波数特性を測定し、それぞれの1MHzの $\mu$ の値で規格化した結果である。比較試料として80Ni-Feパーマロイについても測定した。膜厚はすべて3

$\mu\text{m}$ である。本実施例における比抵抗の48~60 $\mu\Omega\text{cm}$ のものは透磁率( $\mu$ )の周波数( $f$ )に対する低下を25%(即ち、初期値の75%)とした場合の周波数( $f$ )は40MHz~70MHzとパーマロイの15MHzに比べおおよそ3~5倍に伸びており、周波数特性が向上していることがわかる。

【0093】(実施例6)図20及び図21は本発明に係る磁性膜として実施例1と同様に上部及び下部磁性膜に用いた2段巻きコイルを有する誘導型薄膜磁気ヘッドの断面図である。図に示すように、この薄膜磁気ヘッド210は、例えばパーマロイなどの磁性材料の2枚の層212及び214から形成された下部及び上部磁性膜を含む。層212及び214は、夫々整形層211及び213を含む2段階で付着される。これらの層212及び214は、物理的に接触している後部ギャップ領域218と、磁気ギャップ221を形成するため非磁性材料の薄膜220で隔てられている先端領域219とを除き、絶縁層215、126及び217によって隔てられている。磁性体の層212及び214間のスペースには、平坦な導電コイル222が設けられる。コイル222は、絶縁材料の層215、216及び217間に楕円形パターンで付着された2枚の層中の複数巻223a乃至223nを有している。変換用ギャップ221の端部は、上記の層を付着させている非磁性体の基板224上に形成されたエア・ベアリング面(ABS)と一致する。変換用ギャップ221は、回転する磁気ディスクなどの磁気記録媒体(図示せず)とエア・ベアリング関係で相互作用する。ディスクが回転するとき、そのヘッドはディスク記録面の非常に近くでそのエア・ベアリング面(ABS)を飛行する。

【0094】この薄膜磁気ヘッドを製造するには、磁極片先端領域219の薄い付着層を与えるため、適当なマスクを用いて基板224上に磁性層212及び整形層211を付着する。それから非磁性層220が、後部ギャップ領域218の部分を除いて層211及び212上に付着される。そして第1の絶縁層215が、磁気ギャップ221のところを除き、層220の上方に付着される。連続的で平坦な導体の第1の層の楕円渦巻状の巻線223a乃至223nが、例えば電気めっきにより絶縁層215上に付着される。絶縁層216がコイルの第1の層の上方に付着され、コイルの第2の層の巻線が付着され、そのコイルの上方に絶縁層217が付着される。それから、前述のとおり、磁性層212と物理的に接触する後部ギャップ領域218のところを除き、磁性層214が、絶縁されたコイルの上方に付着される。

【0095】磁極片の先端219は予め選択したほぼ一定の幅Wを有する。この幅Wは、対応する回転可能な磁気媒体上のトラックの幅とほぼ同じか少し狭い。磁極片先端の選択した幅Wは磁極片先端を切取ることにより得られ、その磁極片先端を切取るステップは、第2の磁性

層 214 のための整形層 213 を付着するステップの前に行われる。このように工程を変えると、従来の工程よりもはるかに高い精度で磁極片先端の切取りが可能となる。

【0096】磁性層 214 を付着した後で且つ整形層 213 を付着する前に、薄膜ヘッド・アセンブリをフォトレジスト・マスク 230 で覆う。それからそのヘッドの磁極片先端領域 219 のいずれかの側で、フォトレジスト・マスク中にウィンドウ（窓）232 が形成される。そのマスクされたヘッドは、イオン・ミリング工程を受ける。その工程中、ヘッドのマスクしていない部分が食刻され、磁極片先端を、図 5 に示すような所望の幅に切取る。

【0097】イオン・ミリング工程は、その加工される面に通常とはほぼ同じ影響を及ぼし、これがフォトレジストのマスクとともに、マスクしていないヘッド構造をも食刻させるようにする。これはまたヘッドから食刻された物質を、そのマスクの残りの部分上と、その前に食刻されたヘッド構造とに再付着させる。この理由から、イオン・ミリング工程は 2 段階で実行される。第 1 のステップでは、マスクしていないヘッド構造が磁性層 14、非磁性ギャップ層 220 及び磁性層 212 を経て基板 224 まで食刻される。この材料を完全に除去するため、その第 1 のステップは、基板 224 中へ少し食刻し過ぎてしまう程度まで実行されるのが好ましい。このイオン・ミリング工程中の第 2 のステップは、全ての再付着物質を去除するために設けられ、例えば垂直に対し 75 度～80 度といった大きな角度で実行される。イオン・ミリング・ステップの好適な実施例では、一立方センチ当たり約 2 ワットの電力密度で毎分約 550 Å というパーマロイ磁性材料のための食刻速度が得られる。フォトレジストが除去され、整形磁性層 213 が付着されて、薄膜磁気ヘッドが完成される。

【0098】このフォトレジスト・マスクはイオン・ミリング工程中に食刻され、このヘッドの上部のレジストの厚さは、磁性層 214 の外形により、磁極片領域の上方のフォトレジストの厚さよりも薄くなる。

【0099】本発明により製造される薄膜磁気ヘッドは、一端に変換（トランスデューサ）用磁気ギャップと他端に後部ギャップ領域とを有するヨーク構造であって、そのヨーク構造の磁気ギャップと後部ギャップ領域との間に付着された、磁気ヨークを付勢するための導電コイルを有する上記ヨーク構造を 2 枚の磁性材料の層で形成させた構成である。

【0100】本実施例で作製した薄膜磁気ヘッドを用いて構成した磁気記憶装置について述べる。本実施例による磁気ディスク装置は前述のように外径が約 3.5 インチの磁気ディスク、ディスクを回転させるためのスピンドル、磁気ヘッドの位置決め機構、ハウジングを有する。磁気ヘッドは記録再生用に誘導型素子を用いた自己

記録再生型ヘッドで、トラック幅は  $5.0 \mu\text{m}$  である。ヘッドの上部及び下部磁性膜には飽和磁束密度が 1.3 テスラで比抵抗  $\rho = 60 \mu\Omega\text{cm}$ 、比透磁率  $\mu = 1000$ 、膜厚  $d = 3 \mu\text{m}$  の (Ni 44 重量% - Fe) - 2 重量% Mo 合金薄膜を用い、ギャップ長は  $0.4 \mu\text{m}$  である。なお、ヘッドの磁極には飽和磁束密度が 1.6 T の同様の Ni-Fe 系合金のめっき薄膜、あるいは Fe-Co-Ni / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / Fe-Co-Ni 多層膜、Ni-Fe 薄膜中に粒径が 2 nm～3 nm の ZrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, HfO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、あるいは SiO<sub>2</sub> を含む薄膜等を用いても同等の効果を得ることができる。なお、磁性膜中の酸化物を混入させる場合、この粒径は 0.5 nm～5 nm の間が望ましい。これは、この粒径の範囲内において飽和磁束密度、あるいは軟磁気特性の著しい低下を伴わずに磁性膜の比抵抗のみを高めることができるためである。なお、Fe-Ni 合金薄膜に前述のような酸化物を含有させることにより比抵抗は約  $60 \mu\Omega\text{cm}$  まで増大するとともに、比透磁率は 1000 前後と良好な軟磁気特性を示す。一方、酸化物を含まない Ni-Fe 薄膜等をヘッドの記録磁極に適用する場合には、比透磁率を 500 以下にまで下げることで高周波特性を改善することができる。ただし、この場合、ヘッドの記録起磁力は 0.5 AT 以上に設定する必要がある。

【0101】磁気ディスク (11) の記録層には、記録ビット方向の保磁力が 2100 エルステッド、保磁力配向比が 1.2 の CoCrTa (Cr の添加量は 16 at%) が用いられている。この磁気ディスクにおける残留磁束密度と膜厚との積  $B_r \cdot \delta$  は 300 ガウス・ $\mu\text{m}$  である。この記録媒体を用いることにより、線記録密度特性の向上、および高線記録密度領域における媒体雑音を大幅に低減することが可能となる。なお、媒体保磁力が 200 エルステッド以下であると、ビットエラーレートが低減してしまい装置動作が不可能となる。

【0102】記録再生時におけるスピンドルの回転数は 4491 rpm に設定されており、この時の磁気ディスク上のデータ記憶領域最外周におけるヘッドの浮上量は  $0.05 \mu\text{m}$  である。記録周波数は、データ記憶領域の最内周から最外周にかけて各トラック上での線記録密度が等しくなるように設定されており、最外周においては 67.5 MHz に設定されている。

【0103】本実施例における磁気ディスク装置では、各トラック上におけるデータの線記録密度は 144 k B P I (kilo Bit Per Inch)、トラック密度は 5 k T P I (kilo Track Per Inch) に設定されており、面記録密度は 1 平方インチ当たり 720 メガビットである。本実施例では磁気ディスクを 4 枚用いており、装置のフォーマット容量は 2.8 ギガバイト、データの転送速度は 1 秒間に 15 メガバイトである。なお、本実施例では 8/9 変換を用いてデータの記録を行っているが、従来の 1-7 方式を用いてデータの記録を行っても、本実施例と同

等の性能を有する装置を構成することができる。ただし、この場合の記録周波数は45MHzとなる。  
【0104】本実施例により構成した磁気記憶装置の仕

様を表3に示す。  
【0105】  
【表3】

表 3

3.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	2.8GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	4427
最大線記録密度	144kBP I
トラック密度	5kTP I
回転数	4491RPM
記録周波数	67.5MHz
転送速度(to/from Media)	15MB/sec

【0106】(実施例7)次に、ディスク径が2.5インチ、1.8インチ、および1.3インチの磁気ディスクを、本発明による磁気ヘッドと組み合わせて磁気記憶装置を構成した結果について述べる。なお、本実施例で用いた磁気ヘッド、および磁気ディスクは、実施例6で用いたものと同じであり、各トラック上におけるデータの線記録密度は144kBP I、トラック密度は5kTP Iに設定されている。なおスピンドルの回転数は、そ

れぞれのディスク径において転送速度が15MB/secとなるように設定している。また、実施例6で述べているように、従来の1-7方式を用いてデータの記録を行っても、本実施例と同等の性能を有する各装置を構成することができる。ただし、この場合の記録周波数は45MHzとなる。各装置の仕様を表4～表6に記す。

【0107】  
【表4】

表 4

2.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	1.8GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	2951
最大線記録密度	144kBP I
トラック密度	5kTP I
回転数	6736RPM
記録周波数	67.5MHz
転送速度(to/from Media)	15MB/sec

【0108】  
【表5】

表 5

1.8インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	1.4GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	2213
最大線記録密度	144kBP I
トラック密度	5kTP I
回転数	8982RPM
記録周波数	67.5MHz
転送速度(to/from Media)	15MB/sec

【0109】

【表6】

表 6

## 1.3インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	0.9GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	1475
最大線記録密度	144kBPi
トラック密度	5kTPi
回転数	13473RPM
記録周波数	67.5MHz
転送速度(to/from Media)	15MB/sec

【0110】(実施例8)比抵抗 $\rho$ 、膜厚 $d$ および比透磁率 $\mu$ の異なる磁極を用いた2種類の誘導型薄膜磁気ヘッドを作製し、それぞれの記録磁界強度の周波数依存性を電子線トモグラフィ法を用いて測定した。試作した各ヘッドの磁極材料、磁極厚み $d$ 、比抵抗 $\rho$ 、および1MHz以下の低周波領域における比透磁率 $\mu$ は表7に示す通りである。

【0111】ヘッドAは、磁極に膜厚3 $\mu\text{m}$ の実施例1に記載の組成を有するNi-Fe合金単層膜を用いている。ヘッドBは実施例4と同様に膜厚2.2 $\mu\text{m}$ のFe-Co-Ni-Mo膜を、膜厚0.1 $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 中間層を介して積層した磁極を用いている。よって、この

ヘッドの総磁極膜厚は4.5 $\mu\text{m}$ である。なお、ここで用いたFe-Co-Ni-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Fe-Co-Ni-Mo多層膜は、Fe-Co-Ni-Mo膜一層の厚みが2.7 $\mu\text{m}$ 以上になると、記録周波数45MHzにおける磁界強度の減衰量が10%以上に達し、記録周波数に伴う書きにじみ量、オーバーライト膜の変動原因となり望ましくない。本実施例では、Fe-Co-Ni膜一層の厚みを2.2 $\mu\text{m}$ に設定した。一方、ヘッドCは、磁極の下部磁性膜に膜厚が3 $\mu\text{m}$ で比抵抗が90 $\mu\Omega\text{cm}$ のCo-Ta-Zr非晶質単層膜を用いている。

【0112】

【表7】

表 7  
試作した薄膜磁  
気ヘッド諸元

ヘッド	磁極材料	磁極幅 $d$ ( $\mu\text{m}$ )	比抵抗 $\rho$ ( $\mu\Omega\text{cm}$ )	記録磁界強度比
A	NiFe	3.0	16	1000
B	FeCoNiMo多層膜	2.2	16	1000
C	CoTaZr	3.0	90	1000

【0113】規格化した記録磁界強度の周波数依存性の測定結果から、ヘッド効率 $\eta$ を算出した。Ni-Fe単層膜を磁極とするヘッドAは、10MHzを超えたあたりから記録磁界強度が低下していき、100MHzにおける強度は、低周波領域における強度の60%以下にまで減衰している。一方、ヘッドBは、透磁率および比抵抗がヘッドAに用いているNiFe膜と同等のFe-Co-Ni-Mo膜を使用しているが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 絶縁層を介して多層化しているため渦電流損失が大幅に緩和されている。このヘッドの場合、100MHzにおける磁界強度の減衰量は20%程度と周波数特性が改善されている。またヘッドCは、100MHzにおいても磁界強度の減衰量はほぼ0と、優れた周波数特性が得られている。

【0114】（実施例9）本実施例では、上部及び下部磁性膜を以下の製法によって形成した。

【0115】Ni++量：16.7g/l、Fe++量：2.4g/lを含み、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を含んだめっき浴において、pH：3.0、めっき電流密度：15mA/cm<sup>2</sup>の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は4.0 $\mu\text{m}$ 、ギャップ長は0.4 $\mu\text{m}$ である。この磁性膜の組成は42.4Ni-Fe(重量%)

であり、磁気特性は飽和磁束密度( $B_s$ )が1.64T、困難軸保磁力( $H_{ch}$ )が0.5Oeで比抵抗( $\rho$ )は48.1 $\mu\Omega\text{cm}$ であった。

【0116】図22は記録・再生分離型薄膜磁気ヘッドの斜視図及び図23は記録ヘッドの平面図である。上部磁気コア320、上部シールド層を兼ねた下部磁気コア321、コイル325を有し、この3つで記録ヘッドを構成している。再生のための磁気抵抗効果型素子323、磁気抵抗効果型素子323にセンス電流を流すための電極324、下部シールド層322を有し、スライダ326の構成を有する。

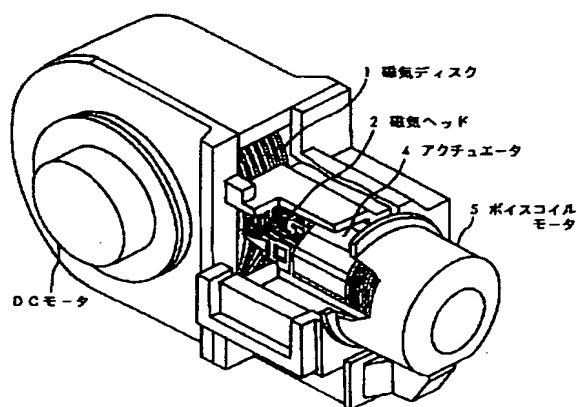
【0117】この誘導型の薄膜磁気ヘッドを実施例1に示す磁気ディスク装置に搭載し、記録性能を評価した。媒体は外径が3.5インチ、保磁力が2500Oeである。このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能（オーバーライト特性）は40MHz以上の高周波領域でも-50dB程度の優れた記録性能が得られた。

【0118】（実施例10）本実施例における磁気記憶装置は、図22に示す記録には誘導型の記録ヘッドを用い、再生に磁気抵抗効果型素子（MR素子）を用いた記録再生分離ヘッドを用いたものである。インダクティブ型ヘッドの記録磁極の上部磁性膜を前述のように形成す



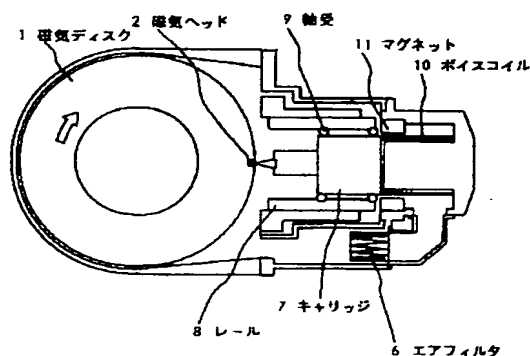
【図5】磁気ヘッドと支持装置の組立図。

1



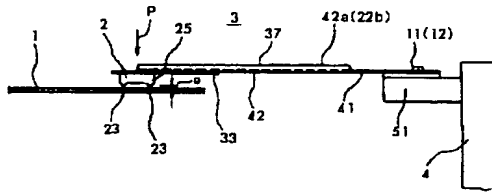
1…磁気ディスク、2…薄膜磁気ヘッド、3…ジンバル  
 系支持装置、4…位置決め装置、25…スライダ、80  
 …基体（スライダ）、81、321…上部シールド膜、  
 82、322…下部シールド膜、83、320…上部磁  
 性膜、84…下部磁性膜、85、324…電極、86、  
 110、323…磁気抵抗効果膜、87、222、32  
 5…コイル、88、221…磁気ギャップ、89…絶縁  
 体、90…バック・ギャップ。

2



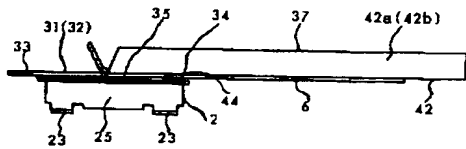
【図3】

図 3



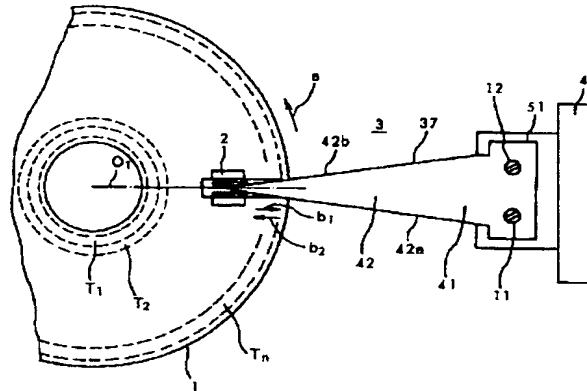
【図5】

図 5



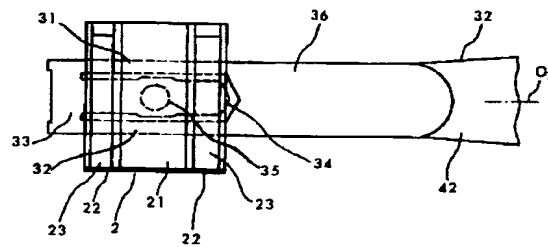
【図4】

図 4



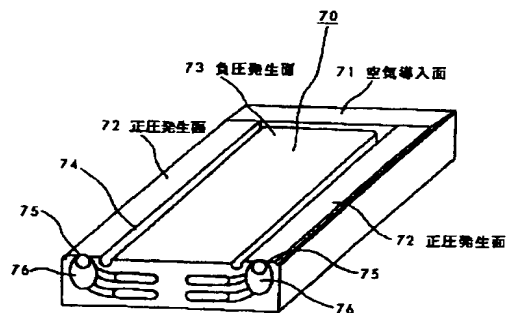
【図6】

図 6



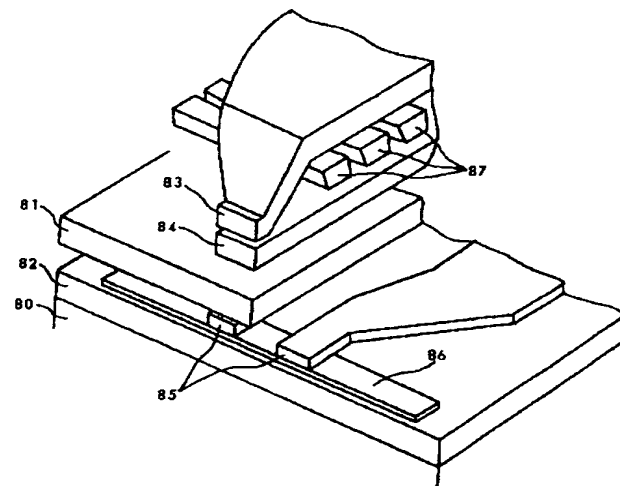
【図7】

図 7



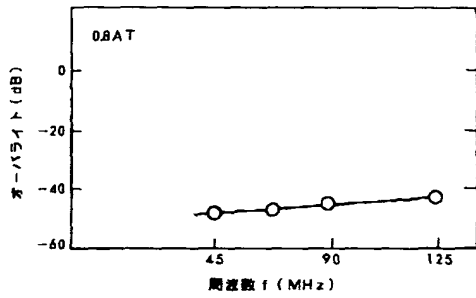
【図8】

図 8



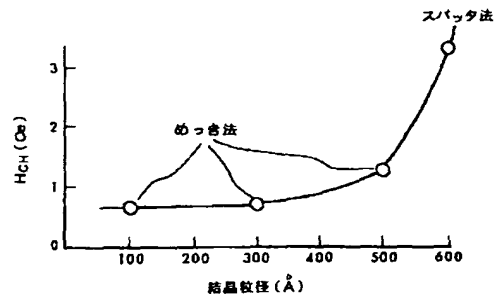
【図9】

図 9



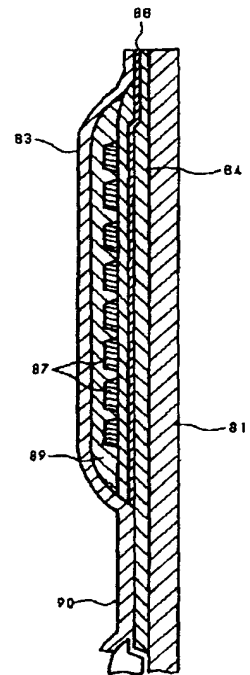
【図10】

図 10



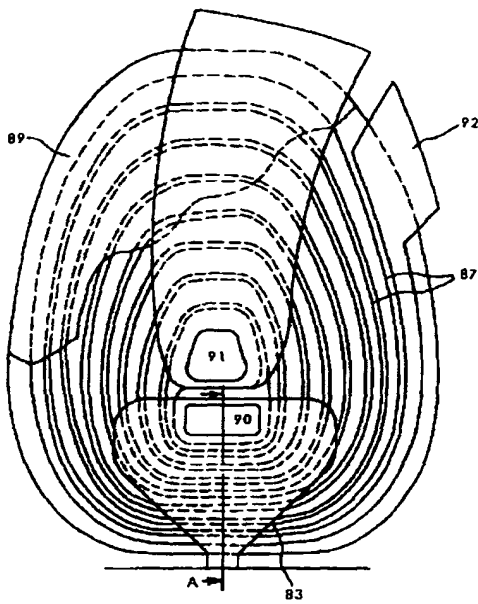
【図11】

図 11



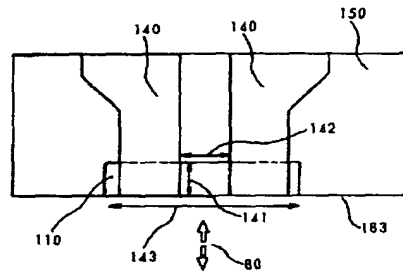
【図12】

図 12



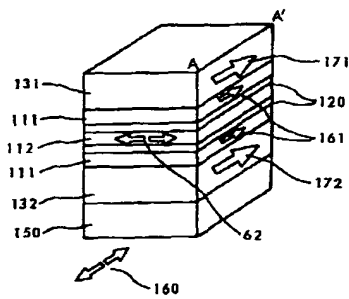
【図13】

図 13



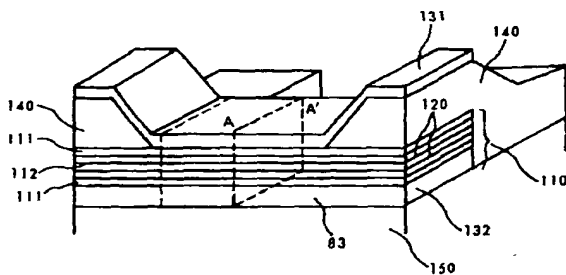
【図15】

図 15



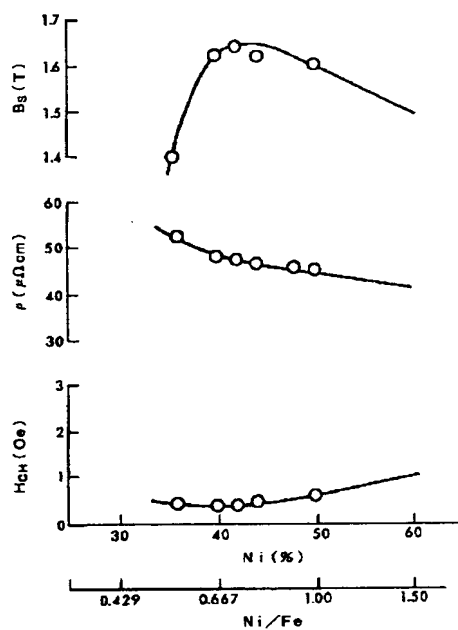
【図14】

図 14



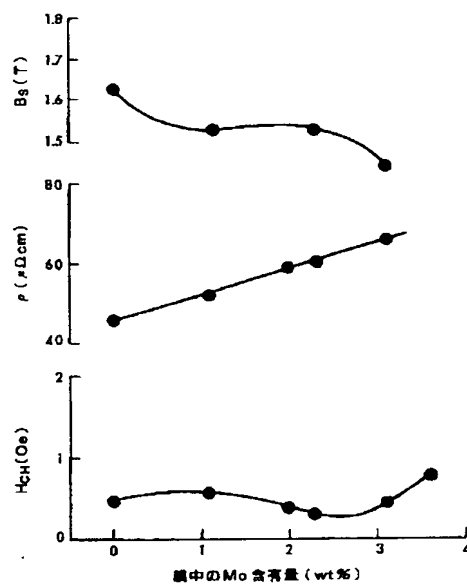
【図16】

図 16



【図17】

図 17



【図19】

【図18】

図 18

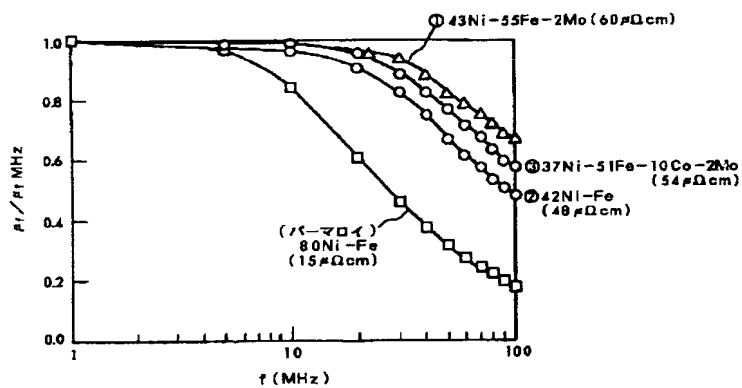
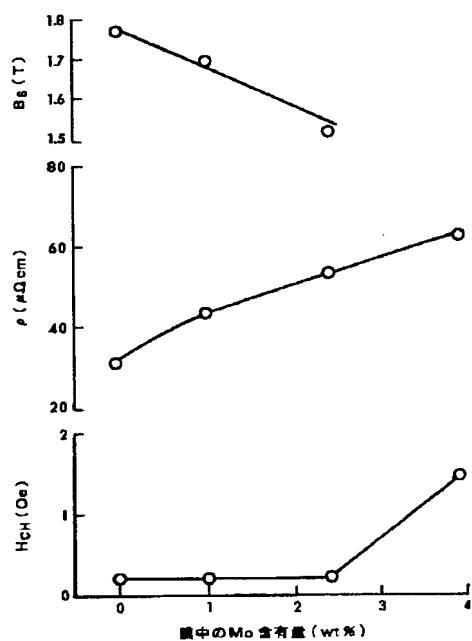
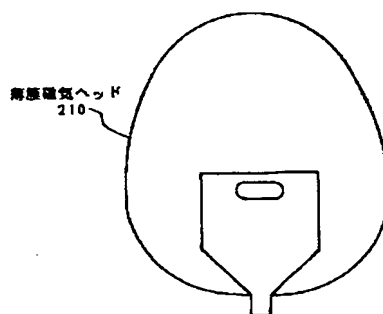


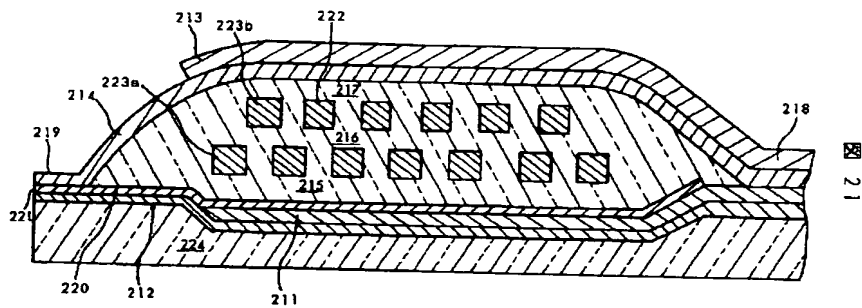
図 19

【図20】

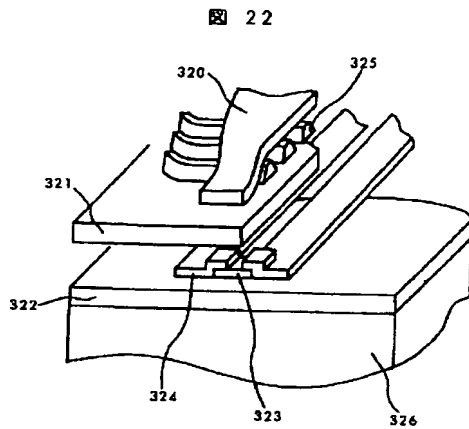
図 20



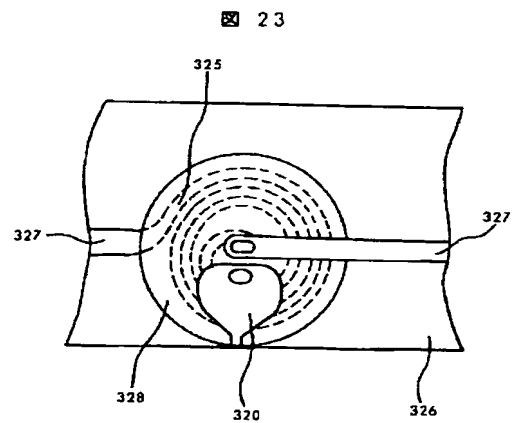
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72) 発明者 川辺 隆  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 府山 盛明  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 ▲高▼野 公史  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 山本 久乃  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 益田 賢三  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

